Chndمجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۴، سال ۱۳۹۵

# تجزیه پایداری عملکرد دانه چند ژنوتیپ لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) با استفاده از روش AMMI

# Analysis of Yield Stability of someWhite Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes using AMMI Method

محمدحسن کوشکی[۱]، مهناز قائد رحمتی[۲]، بهروز اسدی[۳]، مسعود کامل[۴]، محمدباقر خورشیدی بنام[۵] و حمیدرضا دری[۶]

۱ و ۲- به ترتیب مربی و استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران
۳ و ۶- به ترتیب محقق، استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
۴- مربی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۵- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۵**

## چکیده

**کوشکی، م. ح.، قائد رحمتی، م.، اسدی،ب.، کامل، م.، خورشیدی بنام، م. ب. و دری، ح. ر. ۱۳۹۵.** تجزیه پایداری عملکرد دانه چند ژنوتیپ لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) با استفاده از روش AMMI. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲:** ۵۷۹- ۵۶۳.

**اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نقش مهمی دارد. به منظور بررسی اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه در لوبیا سفید، دوازده ژنوتیپ در یک طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در چهار مکان (بروجرد، زنجان، خمین و تبریز) دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب، معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه را نشان داد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به ترتیب متعلق به ایستگاه بروجرد (۴۳۳۵ کیلوگرم در هکتار) و ایستگاه خمین (۱۳۵۴/۲کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج تجزیه واریانس امی (Ammi) نشان داد که اثر شش مؤلفه بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و مؤلفه هفتم به عنوان نویز در نظر گرفته شد. در این مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مهم‌تر از اثر اصلی ژنوتیپ برای عملکرد دانه بود. دو مؤلفه اصلی اول مدل امی ۷۱درصد کل واریانس عملکرد را توجیه کردند. بر اساس مقادیر اولین مؤلفه اصلی معنی‌دار، ارزش پایداری امی (ASV) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI)، ژنوتیپ 11805/DANESHKADEH به‌عنوان ژنوتیپ با عملکرد و پایداری، عملکرد بالا شناخته شد.**

**واژه‌های کلیدی: لوبیا سفید،ژنوتیپ‌ها، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط،ارزش پایداری امی (ASV)، شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI).**

نویسنده مسئول: avinmahnaz@gmail.com تلفن: ۰۶۶۳۳۳۰۲۰۸۰

## مقدمه

تولیدارقام با پتانسیل عملکرد بالا، هدف نهایی به‌نژادگران برای افزایش تولیدات کشاورزی در برنامه‌های به‌نژادی محصولات است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (Genotype × Environment Interaction) اهمیت زیادی برایبه نژادگران لوبیا دارد که به عنوان پاسخ فنوتیپی ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی تعریف می‌شود (Sabah *et al.*, 2007).اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از تغییرات بزرگنمایی اختلافات بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف یا از تغییرات نمره‌دهی نسبی ژنوتیپ‌ها به دست می‌آید (Ebdon and Gauch, 2002). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط قوی برای صفات کمی مثل عملکرد دانه می‌تواند انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را برای توسعه ارقام اصلاح شده محدود کند (Kang *et al.*, 1990؛ Farshadfar and Sutka, 2000). به منظور محاسبه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ، به‌نژادگران ژنوتیپ‌ها را در چندین محیط ارزیابی می‌کنند تا ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا شناسایی شوند. ژنوتیپ‌های با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط غیرمعنی‌دار به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند (Osiru *et al.*, 2009؛ Ssemakula and Dixon, 2007). اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ارزیابی ارقام و برنامه‌های به نژادی در اکثر محصولات ثابت شده است (Zali *et al.*, 2011؛ Najafian *et al.*, 2010).

علاوه بر عملکرد بالا، یک محصول باید پایداری و سازگاری وسیعی به دامنه گسترده‌ای از محیط‌ها داشته باشد. ارزیابی پایداری عملکرد و دامنه سازگاری درانتخاب ارقام اصلاح شده برای کشت در تعداد زیادی محیط مهم است. دو مفهوم مهم پایداری عملکرد در ارتباط با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط شناسایی شده است: ۱) ژنوتیپی پایدار است که عملکرد پایداری در محیط‌های مختلف داشته باشد (پایداری استاتیک)، ۲) پاسخ ژنوتیپ پایدار به محیط‌ها به موازات پاسخ میانگین ژنوتیپ‌ها در آزمایش باشد (پایداری دینامیک) (Becker and Leon, 1988). پایداری عملکرد توسط دو مکانیسم ضربه‌پذیری فرد و ضربه‌پذیری جمعیت به دست می‌آید (Haussmann *et al.*, 2012؛ Pfeiffer *et al.*, 2000). صفات فنولوژیکی همچون گلدهی سریع و رسیدگی هم‌زمان باعث افزایش پایداری دینامیک عملکرد از طریق ضربه‌پذیری فرد در محیط هدف می‌شوند (Bashir *et al.*, 2014). پایداری عملکرد یکی از مطلوب‌ترین خصوصیات یک ژنوتیپ است که امکان معرفی ژنوتیپ را به عنوان یک رقم فراهم می‌کند. از این‌رو امکان کشت ژنوتیپ در سطح وسیع فراهم می‌شود که تحت عنوان سازگاری عمومی نامیده می‌شود. از طرف دیگر، به منظور دست‌یابی به حداکثر تولید، نیاز

به ارقامی است که بهترین رشد را در محیط‌های هدف داشته باشند که به عنوان سازگاری خصوصی تلقی می‌شود. معمولاً به‌نژادگران ژنوتیپ‌های کاندیدا را در چندین محیط از نظر سازگاری عمومی و خصوصی مورد ارزیابی قرار می‌دهند (Comstock *et al.*, 1997).

اغلب تجزیه واریانس مرکب برای شناسایی حضور اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده می‌شود. محدودیت اصلی تجزیه مرکب، فرض همگنی واریانس‌ها بین محیط‌ها است. اگر چه تجزیه مرکب امکان تعیین مؤلفه‌های واریانس به‌وجود آمده از فاکتورهای مختلف (ژنوتیپ، محیط و ژنوتیپ × محیط) را فراهم می‌کند اما امکان استخراج پاسخ ژنوتیپ‌ها در سطح غیرافزایشی (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) را فراهم نمی‌کند.

روش‌های تجزیه پایداری به دو گروه اصلی تک متغیره و چند متغیره تقسیم‌بندی می‌شوند (Lin *et al.*, 1986). در میان روش‌های چند متغیره، اثر اصلی جمع پذیر و اثر متقابل ضرب پذیر (AMMI) کاربرد بیشتری برای ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارد. این روش نسبت به سایر روش‌ها کاراتر است زیرا بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در برمی‌گیرد (Ebdonand Gauch, 2002). پرواضح است که این روش اثر اصلی و اثر متقابل را بسته به بزرگنمایی آماری آن‌ها و انواع مختلف روش‌های اصلاحی از هم تفکیک می‌کند.

همچنین مدل AMMI اغلب تفسیرهای معنی‌داری از داده‌های اگرونومیکی فراهم می‌کند (Gauch, 2006). تجزیه AMMI در دستیابی به دانش درباره تصمیمات مهم برنامه‌های به نژادی از جمله سازگاری اختصاصی ژنوتیپ‌ها به محیط‌های خاص کمک شایانی می‌کند (Ebdon and Gauch, 2002). نتایج تجزیه AMMI می‌توانند در یک بای‌پلات قرار گیرند که در این بای‌پلات ارزش‌های ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و ارتباط آن‌ها با یک‌دیگر با استفاده از تکنیک بردار ویژه نشان داده می‌شوند (Gauch, 2006). چنین اطلاعاتی (به ویژه در مورد اثر GEI و پایداری) در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد و سازگاری بالا در محیط‌های هدف مهم هستند (Okechukwu and Dixon, 2009؛ Suja *et al.*, 2009). استفاده از روش AMMI برای تجزیه پایداری سه ویژگی مهم نسبت به سایر روش‌ها دارد که عبارتند از ۱) این روش، روش‌های تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی را دربرمی‌گیرد. ۲) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را شفاف می‌سازد، الگوها و ارتباطات بین ژنوتیپ و محیط را خلاصه می‌کند. ۳) عملکرد با دقت بالایی محاسبه می‌شود (Kumar Bose *et al.*, 2014).

چندین پارامتر پایداری برای تعیین پایداری عملکرد پیشنهاد شده است که هر پارامتر نتایج متفاوتی ارائه می‌دهد. معمولاً پارامترهای

پایداری همبستگی پایینی با عملکرد دانه دارند و عمدتاً از عملکرد در محیط‌های با شرایط خوب تأثیر می‌پذیرند (Bashir *et al*., 2014). ارزش پایداری (AMMI stability value: ASV) AMMI، فاصله نقطه مختصات هر ژنوتیپ از مبداء مختصات نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اثر متقابل است که بر اساس نمرات اولین و دومین محور مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) مدل AMMI برای هر ژنوتیپ به دست می‌آید (Purchase *et al*., 2000). ژنوتیپ‌های دارای کمترین مقدار ASV، کوتاه‌ترین تصویر را از مبداء بای‌پلات دارند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند (Tamesgen *et al*., 2015). همچنین با استفاده از شاخص پایداری ژنوتیپ (Genotype stability index: GSI) هم‌زمان می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را شناسایی کرد (Farshadfar, 2008).

زبیر و غفور (Zubair and Ghafor, 2001)، دوازده ژنوتیپ لوبیا را برای پایداری عملکرد دانه در هفت محیط مختلف در پاکستان مورد ارزیابی قرار دادند و متقابل ژنوتیپ × محیط بسیار بالایی برای عملکرد دانه گزارش کردند. آن‌ها گزارش کردند ژنوتیپی که در یک محیط بهترین بود در محیط‌های دیگر چنین وضعیتی را نشان نداد. یاقوتی‌پور و همکارن (Yaghotipoor *et al*., 2009) به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط عملکرد دانه، ۲۱ ژنوتیپ امیدبخش نخود را در هشت محیط با استفاده از تجزیه AMMI مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که دو مؤلفه اول در مجموع ۶۶/۵۸ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. آن‌ها چهار ژنوتیپ را با عملکرد بالا معرفی کردند. تعداد ۲۱۶ لاین لوبیا دانه سیاه و ۵۶ لاین دانه رنگی از نظر عملکرد و پایداری در مرکز تحقیقات لوبیا و برنج برزیل مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، ۵۶ لاین لوبیا دانه رنگی و ۴۹ لاین لوبیا دانه سیاه پایداری نشان دادند (Costa *et al*., 2008). زالی و همکاران (Zali *et al*., 2009) با بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته نخود در پنج ایستگاه تحقیقاتی در طی دو سال زراعی نشان دادند که تمام روش‌های موجود تجزیه پایداری نتایج تقریباً مشابهی ارائه می‌دهند. اما در میان روش‌های تجزیه پایه‌ای، ارزش پایداری AMMI (ASV) یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها برای تجزیه پایداری بود. به منظور تعیین پایداری عملکرد دانه، نه ژنوتیپ لوبیا در ده محیط در سودان مورد بررسی قرار گرفتند که در مجموع چهار ژنوتیپ پایدار شناسایی شد. همچنین این ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش گرمایی و خشکی متحمل بودند (Khalifa *et al*., 2013).

افزایش روز افزون ضریب امنیت غذایی حبوبات در کشور ایران بسیار مهم است که این امر با تولید واریته‌های پایدار با عملکرد بالا تحقق می‌یابد. به منظور شناسایی درجه

سازگاری لاین‌های جدید به شرایط متفاوت محیطی ارزیابی آن‌ها در قالب آزمایش‌های یکنواختی مهم است تا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف تعیین شود و ژنوتیپ‌های پایدار گزینش شوند. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های لوبیا سفید از طریق تجزیه AMMI بود.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی پایداری و الگوی سازگاری ژنوتیپ‌ها، ده ژنوتیپ پیشرفته لوبیا سفید به همراه دو رقم شاهد پاک و درسادر یک آزمایش مقایسه عملکرد در دو سال زراعی (از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳) مورد ارزیابی قرار گرفتند. مناطق اجرای آزمایش بروجرد، خیرآباد زنجان، خمین و تیکمه داش آذربایجان شرقی بودند. طرح مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش بود. هر ژنوتیپ در یک کرت با چهار خط به طول ۶ متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر کاشته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر و در زمان تنک کردن فاصله آن‌ها به ۱۰ سانتی‌متر افزایش یافت. میزان بذر هر کرت ۵۰۰ دانه در نظر گرفته شد. مقدار کود لازم بر اساس نتایج آزمون خاک تعیین شد و به‌طور یکنواخت در کرت‌های آزمایشی مصرف شد. همچنین به منظور کنترل علف‌های هرز، از علف‌کش قبل‌از کاشت ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار (قبل از دیسک‌زنی) و علف‌کش بنتازون استفاده شد. کلیه عملیات داشت شامل تغذیه، آبیاری و وجین به‌صورت یکسان در همه تیمارها اعمال شد. هنگام برداشت در هر کرت ردیف‌های حاشیه حذف و سایر ردیف‌ها با دست برداشت و سپس غلاف‌ها کوبیده و بوجاری شدند و وزن حاصل به‌عنوان عملکرد کرت محاسبه و ثبت شد.

محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس مرکب، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به روش AMMI، تعیین ارزش پایداری AMMI(ASV)، تعیین شاخص پایداری ژنوتیپ (Tumuhimbise *et al*., 2014؛ Farshadfar, 2008) بودند.تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و CROPSTAT انجام شد.

## نتایج و بحث

محیط‌های آزمایش و متوسط بارندگی سالیانه آن‌ها در جدول ۱ و نام و منشاء ژنوتیپ‌های لوبیا سفید مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

ابتدا آزمون بارتلت برای بررسی همگن بودن واریانس‌های خطای آزمایش‌ها انجام شد و فرض صفر مبنی بر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطاها در آزمایش‌های جداگانه تائید شد ($\chi^2$ = ۴/۸۹). نتایج تجزیه واریانس مرکب، معنی‌داری میانگین مربعات مربوط به ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را

جدول ۱- متوسط بارندگی سالیانه و کد محیط‌های محل آزمایش

Table 1. Annual rainfall mean and codes or evaluated environments (locations)

| Location | مکان | میانگین بلند مدت بارندگی Mean of long term rainfall (mm) | کد محیطی Environmental code سال اول Year 1 | سال دوم Year 2 |
|---|---|---|---|---|
| Broujerd | بروجرد | 500.0 | E1 | E2 |
| Khomein | خمین | 350.0 | E3 | E4 |
| East Azarbaijan | آذربایجان شرقی | 330.1 | E5 | E6 |
| Zanjan | زنجان | 313.1 | E7 | E8 |

جدول ۲- نام و منشاء ژنوتیپ‌های لوبیا سفید

Table 2. Name and origin of white bean genotypes

| کد ژنوتیپ Genotype code | نام ژنوتیپ Genotype name | منشأ Origin |
|---|---|---|
| G1 | DANESHKADEH/G11867 | Iran |
| G2 | JULES/DANESHKADEH | Iran |
| G3 | JULES/DANESHKADEH | Iran |
| G4 | JULES/74EMERSON | Iran |
| G5 | 11805/DANESHKADEH | Iran |
| G6 | 74EMERSON /JULES | Iran |
| G7 | SEFEN/74EMERSON | Iran |
| G8 | KARA/G11867 | Iran |
| G9 | KARACASIHIRO | CIAT |
| G10 | GOYONOK98 | CIAT |
| G11 | Dorsa | CIAT |
| G12 | Pak | CIAT |

در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد که ژنوتیپ‌ها بیان متفاوتی از عملکرد در محیط‌های مورد بررسی داشتند. اثر معنی‌دار ژنوتیپ و محیط در آزمایش‌های مربوط به تعیین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در لوبیا سفید توسط محققان متعددی گزارش شده است (Pereira *et al*., 2011, 2014). فام و کانگ (Pham and Kang, 1988) گزارش کردند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بهره ژنتیکی را به‌وسیله کاهش بازدهی عملکرد کاهش می‌دهد. معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیاز به ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چندین محیط را به منظور شناسایی سازگاری عمومی و خصوصی نشان می‌دهد. به منظور تعیین استراتژی سازگاری معقول در چندین محیط توصیه می‌شود که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایش های چند محیطی به اثر متقابل ژنوتیپ × مکان، ژنوتیپ × سال، اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × سال × مکان تفکیک شود. در این مطالعه اثر متقابل سال × مکان و سال × مکان × ژنوتیپ معنی‌دار شدند (جدول۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل سال× مکان × ژنوتیپ نشان‌دهنده این است که اثر ژنوتیپ × مکان در سال‌های مورد آزمایش

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ های لوبیا سفید ارزیابی شده در هشت محیط
Table 3. Combined analysis of variance for white bean genotypes evaluated in eight environments

| S.O.V. | منابع تغییرات | درجه آزادی df. | میانگین مربعات MS |
|---|---|---|---|
| Location (L) | منطقه | 3 | 55595525.3** |
| Year (Y) | سال | 1 | 42152029.3** |
| Y × L | منطقه × سال | 3 | 10587600.9** |
| Error 1 | خطای ۱ | 16 | 260772.2** |
| Genotype (G) | ژنوتیپ | 11 | 3014636.2** |
| G × L | ژنوتیپ × سال | 11 | 598793.1** |
| G × L | ژنوتیپ × منطقه | 33 | 1045042.5** |
| G × Y × L | ژنوتیپ × سال × منطقه | 33 | 549606.0** |
| Error 2 | خطای ۲ | 176 | 77700.1 |
| Total | کل | 287 | 1222718.1 |

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪.
**: Significant at 1%level of probability.

متفاوت بوده است. انتخاب و توصیه ارقام جدید در چنین شرایطی مشکل است زیرا اثر محیط به‌علت اثر پوششی محیط‌های مختلف افزایش می‌یابد. در مطالعات انجام شده توسط محققان اثر متقابل بالای ژنوتیپ × سال × مکان به اختلافات نسبی عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر و از سالی به سال دیگر نسبت داده شده است (Shobeiri *et al.*, 2015؛ Windhausen *et al.*, 2012؛ Sabaghpour *et al.*, 2010؛ Setimela *et al.*, 2005؛ Copper *et al.*, 1999). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال× مکان × ژنوتیپ، شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای هر محیط با استفاده از میانگین آن‌ها کافی نیست و لازم است پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری بررسی شود.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل AMMI نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود (جدول ۴). مؤلفه‌های اثر متقابل اول تا ششم برای عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۴) که می‌تواند به علت پیچیده بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باشد. اولین و دومین مؤلفه اصلی (IPCA1 و IPCA2) به ترتیب ۴۲ و ۲۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کردند. در مجموع شش مؤلفه معنی‌دار در مدل ۹۹٪ از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تبیین کردند و مؤلفه هفتم غیر معنی‌دار بود که واریانس بسیار پایینی را توجیه می‌کرد و در باقیمانده ادغام شد.

کندوس و همکاران (Kandus*et al.*, 2010) بیان کردند که بهترین مدل، مدلی است که فقط دو مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شوند و سایر مؤلفه‌ها، واریانس کمی را به خود اختصاص داده باشند.در مطالعه‌ای روی

جدول ۴- تجزیه AMMI ژنوتیپ‌های لوبیا سفید ارزیابی شده در هشت محیط

Table 4. AMMI analysis of white bean genotypes evaluated in eight environments

| S.O.V. | منابع تغییرات | درجه آزادی df. | میانگین مربعات MS | درصد توجیهی Explained percent | درصد تجمعی Cumulative percent |
|---|---|---|---|---|---|
| Environment (E) | محیط | 7 | 35226155.8** | --- | --- |
| Genotype (G) | ژنوتیپ | 11 | 3647033.9** | --- | --- |
| G × E | ژنوتیپ × محیط | 77 | 827896.1** | --- | --- |
| IPCA1 | | 17 | 1581847.2** | 42.18 | 42.18 |
| IPCA2 | | 15 | 1222705.5** | 28.8 | 70.95 |
| IPCA3 | | 13 | 667246.8** | 13.61 | 84.56 |
| IPCA4 | | 11 | 42800.1** | 7.38 | 91.95 |
| IPCA5 | | 9 | 272611.5** | 3.85 | 95.8 |
| IPCA6 | | 7 | 284042.1** | 3.12 | 98.91 |
| IPCA7 | | 5 | 138395.5ns | 1.08 | 100.00 |

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

Ns and **: Not significant and significant at 1% level of probability, respectively.

دوازده رقم لوبیا در ۱۹ محیط با استفاده از روش امی سه مؤلفه اصلی معنی‌دار گزارش شد که ۶۷/۲ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کردند (Pereira *et al*., 2014).

متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط از ۱۳۵۴/۲ کیلوگرم در هکتار در محیط E5 (خمین- سال اول) تا ۴۳۳۵ کیلوگرم در هکتار در محیط E2 (بروجرد- سال دوم) بود (جدول ۵). متوسط عملکرد هر ژنوتیپ در محیط‌ها از ۲۰۷۷ تا ۳۳۰۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای ژنوتیپ‌های G9 و G3 متغیر بود. متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف ۲۷۴۷ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ‌های G9 و G3به ترتیب دارای حداقل و حداکثر عملکرد دانه بودند (جدول ۵). ژنوتیپ G3 دارای بیشترین دامنه عملکرد دانه (۴۵۷۵/۵ کیلوگرم در هکتار) بود که نشان‌دهنده عملکرد نسبی ناپایدار و حساسیت بالا به واریانس محیطی است. مقادیر اولین و دومین مؤلفه‌های اصلی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. محیط E2 (بروجرد- سال دوم) دارای مقدار IPCA1 کمتری نسبت به سایر محیط‌ها بود که این مسأله نشان داد همه ژنوتیپ‌ها عملکرد خوبی در این محیط داشتند. بنابراین این محیط می‌تواند به عنوان محیط مطلوب برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در نظر گرفته شود. محیط‌هایی که دارای اولین مؤلفه اثر متقابل بزرگ باشند برای شناسائی و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب هستند. در این مطالعه محیط‌های E3 و E8 با مقادیر بالای اولین مؤلفه اثر متقابل برای غربال ژنوتیپ‌ها مناسب بودند. ژنوتیپ G5 دارای عملکرد نسبتاً بالایی بود و کمترین مقدار را از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل به خود اختصاص داد. از این‌رو پایداری بالایی دارد و می‌توان از آن به‌عنوان ژنوتیپ مناسبی برای کشت در مناطق و سال‌های مختلف استفاده کرد. برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمودار بای‌پلات

جدول ۵- میانگین، حداقل، حداکثر عملکرد و دامنه میانگین ($kgha^{-1}$) ژنوتیپ‌های لوبیا ارزیابی شده در هشت محیط

Table 5. Mean, minimum, maximum of yield and range of performance ($kgha^{-1}$) of white bean genotypes evaluated in eight environments

| ژنوتیپ Genotype | محیط Environment | | | | | | | | میانگین Mean | حداقل Minimum | حداکثر Maximum | دامنه Range |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | | | | |
| G1 | 1436 | 3385 | 2818.4 | 3179.2 | 1180.7 | 1841.7 | 2654 | 2552.0 | 2381 | 792 | 3592.0 | 2800.0 |
| G2 | 1957 | 4303 | 2598.8 | 2769.4 | 1504.0 | 1839.0 | 2504 | 2944.3 | 2552 | 700 | 4633.0 | 3933.0 |
| G3 | 3536 | 5116 | 5330.2 | 4054.2 | 1458.3 | 2053.0 | 2413 | 2523.3 | 3309 | 963 | 5538.5 | 4575.5 |
| G4 | 2870 | 4636 | 4208.2 | 3300.0 | 1198.7 | 2008.7 | 2738 | 3184.3 | 3018 | 875 | 4969.7 | 4094.7 |
| G5 | 2316 | 4789 | 3257.1 | 3729.2 | 1305.3 | 1886.3 | 2494 | 3358.3 | 2892 | 708 | 4789.0 | 4081.0 |
| G6 | 2698 | 4428 | 5543.5 | 4045.8 | 1422.3 | 1818.3 | 2299 | 3452.3 | 3065 | 954 | 4711.0 | 3757.0 |
| G7 | 2697 | 4357 | 3514.6 | 4558.3 | 1583.3 | 1525.0 | 3131 | 3237.0 | 3075 | 1325 | 4841.7 | 3516.7 |
| G8 | 2680 | 4883 | 2675.1 | 3686.1 | 1506.7 | 1871.0 | 2242 | 3452.7 | 2875 | 1333 | 5044.0 | 3711.0 |
| G9 | 2337 | 3384 | 2117.6 | 2645.8 | 533.3 | 283.3 | 1969 | 3349.0 | 2077 | 217 | 3480.0 | 3263.0 |
| G10 | 2428 | 4461 | 3130.2 | 2988.9 | 1469.3 | 1552.7 | 1925 | 4236.0 | 2774 | 979 | 4811.0 | 3832.0 |
| G11 | 2981 | 4369 | 2606.2 | 3938.9 | 1415.3 | 1820.7 | 2097 | 3439.7 | 2833 | 1129 | 4878.0 | 3749.0 |
| G12 | 2252 | 3906 | 2480.2 | 1429.2 | 1673.7 | 1446.0 | 348 | 3334.7 | 2109 | 1063 | 4339.0 | 3276.0 |
| Mean | 2515 | 4335 | 3257.7 | 3360.4 | 1354.2 | 1662.2 | 2235 | 3255.3 | 2747 | | | |

جدول ۶- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های لوبیا سفید بر اساس میانگین عملکرد، و نمره‌های IPCA1، شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) در هشت محیط

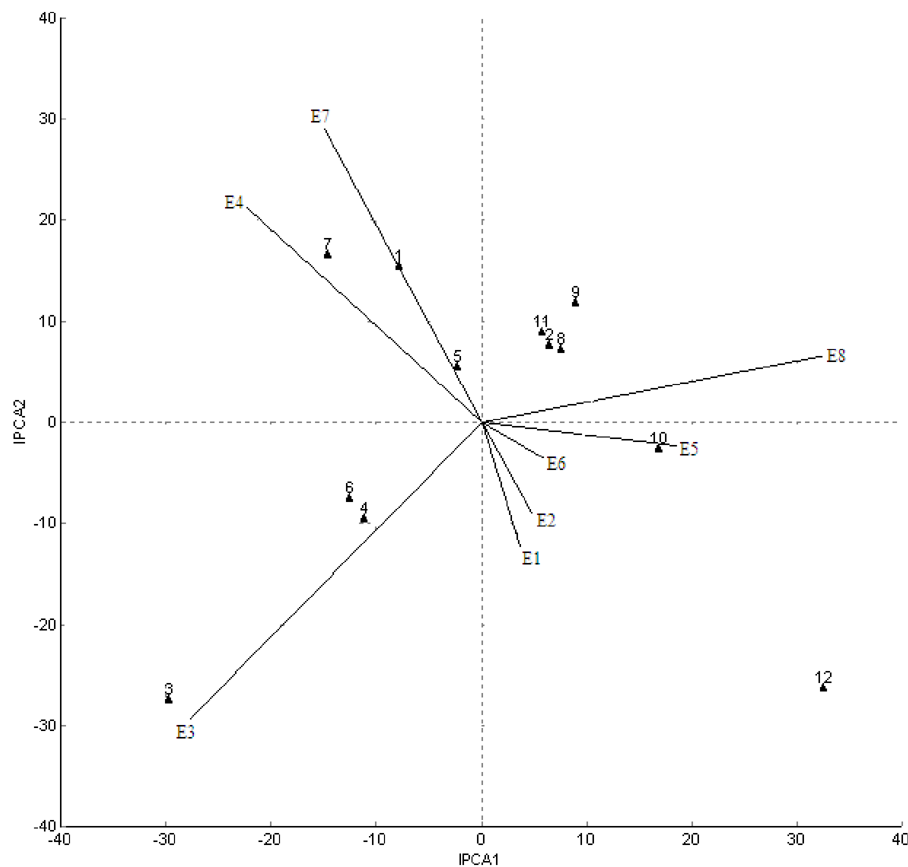
Table 4. Ranking of white bean genotypes by mean performance, IPCA1 scores and genotype selection index (GSI) across eight environments

| ژنوتیپ Genotype | IPCA1 | IPCA2 | ASV | Mean rank | ASV rank | GSI | GSI rank |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -7.85 | -15.45 | 27.31 | 10 | 8 | 18 | 6 |
| G2 | 6.38 | -7.64 | 16.62 | 9 | 2 | 11 | 3 |
| G3 | -29.69 | 27.40 | 69.68 | 1 | 11 | 12 | 4 |
| G4 | -11.15 | 9.47 | 25.49 | 4 | 6 | 10 | 2 |
| G5 | -2.30 | -5.55 | 9.30 | 5 | 1 | 6 | 1 |
| G6 | -12.49 | 7.56 | 26.36 | 3 | 7 | 10 | 2 |
| G7 | -14.59 | -16.66 | 37.18 | 2 | 10 | 12 | 4 |
| G8 | 7.58 | -7.18 | 17.95 | 6 | 4 | 10 | 2 |
| G9 | 8.96 | -11.82 | 24.46 | 12 | 5 | 17 | 5 |
| G10 | 16.84 | 2.61 | 32.40 | 8 | 9 | 17 | 5 |
| G11 | 5.81 | -8.99 | 17.31 | 7 | 3 | 10 | 2 |
| G12 | 32.51 | 26.27 | 73.23 | 11 | 12 | 23 | 7 |

s

مؤلفه‌های اثر متقابل اول و دوم ژنوتیپ‌ها استفاده شد (شکل ۱). این نمودار ۷۱ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کرد. توجیه ۷۱ درصدی اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل توسط دیگر محققان در محصولات لوبیا و نخود (Temesgen *et al.*, 2015؛ Flores *et al.*, 1998)، گندم دوروم (Kilic *et al.*, 2010) و جو (Mut *et al.*, 2010) گزارش شده است. در نمودار بای‌پلات، ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار دارند از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در اکثر محیط‌ها توصیه می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای‌پلات پراکنش یافته‌اند دارای سازگاری خصوصی هستند. در میان ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ G5 کمترین فاصله را از مبداء مختصات داشت. از این‌رو، این ژنوتیپ واکنش زیادی به محیط‌ها نشان نمی‌دهد و به تغییر محیط‌ها حساس نیست، ضمن این‌که می‌توان ژنوتیپ‌های G2، G8 و G11 را نیز در کنار ژنوتیپ G5 با توجه به عملکرد بالای آن نسبت به میانگین و نزدیکی نسبی به مبداء مختصات پایدار فرض کرد. به نظر می‌رسد اثر متقابل قوی بین محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها وجود ندارد زیرا هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها نزدیکی زیادی نسبت به مبداء مختصات نداشتند (شکل ۱). در نمودار بای‌پلات محیط‌های E1، E2 و E6 طول بردار کوتاه‌تری دارند بنابراین اثر متقابل کمتری اعمال می‌کنند در حالی‌که محیط‌های E3، E4، E7 و E8 طول بردار بلندتری دارند و اثر متقابل نسبتاً بزرگی را نشان می‌دهند.

ژنوتیپ‌هایی که نزدیک محورهای مؤلفه‌ها قرار گرفته باشند دارای سازگاری عمومی هستند. بدین ترتیب ژنوتیپ‌های G5 و G10 به دلیل این‌که نزدیک محورهای مؤلفه‌های اثر متقابل قرار دارند دارای سازگاری عمومی بودند (شکل ۱). در این مطالعه هیچ‌کدام از محیط‌ها دارای مقادیر نزدیک به صفر برای دو مؤلفه اثر متقابل نبودند. این موضوع نشان می‌دهد که در تمام محیط‌ها اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با درجات مختلف وجود دارد. زاویه بین دو بردار محیطی نشان‌دهنده همبستگی بین دو محیط است. هر چه زاویه بین دو محیط کوچک‌تر باشد، دو محیط همبستگی بالاتری داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها خواهند داشت. بدین ترتیب محیط‌های E1، E2، E5 و E6، محیط‌های مشابه از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده (شکل ۱) و ژنوتیپ‌ها در این محیط‌ها واکنش مشابهی خواهند داشت. زاویه بین بردار محیط‌های E2 و E7 زاویه ۱۸۰ درجه را آشکار کرد. از این‌رو تشخیص ژنوتیپ در محیط E2 تقریباً در جهت مخالف محیط E7 است (Liang *et al.*, 2015). ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر بالای مؤلفه اصلی اول یا دوم اثر متقابل بالایی داشت ولی نسبت به یک‌دیگر سازگاری خصوصی نشان دادند. از این‌رو ژنوتیپ G3 با بیشترین




شکل ۱- بای‌پلات نمره‌های IPCA1 و IPCA2 برای ژنوتیپ‌های لوبیا سفید ارزیابی شده در هشت محیط

Fig. 1. Biplot of IPCA1 and IPCA2 scores for white bean genotypes evaluated in eight environments

میانگین عملکرد به محیط E3، ژنوتیپ G7 به محیط E4، ژنوتیپ G1 به محیط E7 سازگاری خصوصی داشتند.

در این مطالعه ژنوتیپ شماره G5 با کمترین ارزش پایداری امی (۹/۳) به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ در بین دوازده ژنوتیپ مورد بررسی شناخته شد (جدول ۶). بیشترین میزان ASV مربوط به ژنوتیپ‌های G3 (۶۹/۶۸) با بیشترین میانگین عملکرد و G12 (۷۳/۲۳) با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل بود.

ارزش پایداری AMMI به عنوان روش مناسبی برای توصیف پایداری ژنوتیپ‌ها است (Naroui Rad *et al.*, 2013؛ Zali *et al.*, 2009). همبستگی معنی‌دار و بسیار بالای میان پارامترهای ASV و مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) گزارش شده است. همچنین همبستگی منفی بین این پارامترها با میانگین عملکرد گزارش شده است. از این‌رو ژنوتیپ‌هایی که بر اساس پارامترهای ASV و IPCA به عنوان ژنوتیپی پایدار معرفی می‌شوند،

تمایل به میانگین عملکرد کمتری دارند (Bashir *et al*., 2014).

تمسجن و همکاران (Tamesgen *et al*., 2015) بر ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد بر اساس چندین پارامتر پایداری تأکید کردند. بدین‌ترتیب در این مطالعه علاوه بر پارامتر ASV، از پارامتر GSI برای تعیین ژنوتیپ‌هایی که به‌طور هم‌زمان پایداری و عملکرد بالایی دارند، استفاده شد. مقادیر GSI هر ژنوتیپ در جدول ۶ آمده است. بر اساس GSI، ژنوتیپ‌ها به طور هم‌زمان بر اساس پایداری و عملکرد بالا انتخاب می‌شوند. با ترکیب رتبه‌های ASV و میانگین عملکرد، ژنوتیپ‌ها بر اساس GSI رتبه‌بندی شدند. ژنوتیپ با کمترین مقدار GSI به عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شود. از این‌رو ژنوتیپ G5با کمترین میزان GSI(۶) به عنوان بهترین ژنوتیپ از نظر عملکرد بالا و پایداری شناخته شد (جدول ۶).

اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al*., 2011) همبستگی بالای میان پارامتر ASV با پارامترهای $\sigma_i^2$ (پارامتر پایداری شوکلا)، I (شاخص پایداری)، و D اعلام کردند. هم‌چنین گزارش کردند، با توجه به همبستگی بالای بین ASV و پارامترهای مذکور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر اساس دو مؤلفه اصلی اول AMMI همراه با نمایش بای‌پلات قابل تفسیر است. بر اساس نتایج بای‌پلات، ژنوتیپ‌های G12، G3 و G7 و محیط‌های E3، E8، E4 و E7 به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بیشترین نقش را در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشتند.

در این مطالعه نتایج ارزش پایداری امی (ASV)، GSI و نمودار بای‌پلات با یک‌دیگر مطابقت داشتند. ژنوتیپ G5 هم در تجزیه AMMI و هم با محاسبه پارامترهای ASV و GSI به عنوان ژنوتیپ پایدار شناخته شد. به‌علاوه، این ژنوتیپ دارای میانگین عملکرد مناسبی است. با توجه به این‌که در شرایط محیطی متغییر پایداری نسبت به پتانسیل عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار است، کشت ژنوتیپ G5 که دارای پایداری بالا و عملکرد متوسط است قابل توصیه است. ژنوتیپ‌های G4 و G6 برای کشت در شرایط مساعد مناسب هستند زیرا ژنوتیپ‌های نامبرده دارای پتانسیل عملکرد بالا و پایداری متوسطی هستند. علی‌رغم عملکرد بالای ژنوتیپ G3 پایداری آن کم است. به نظر می‌رسد این ژنوتیپ برای کشت در مناطق اجرای آزمایش مناسب نباشد.

## References

**Akbarpour, O. A., Dehghani, H., and Sorkhi Lallahloo, B. 2011.**Study of stability parameters of univariate and multivariate for barely promising genotypes under cool conditions in Iran. Iranian Journal of Field Crop Sciences 42 (1): 23-32 (in Persian).

**Bashir, E. M. A., Ali, A. M., Ali, A. M., Ismail, M. I., Parzies, H. K., and Haussman, B. I. G. 2014.** Patterns of pear millet genotype- by- environment interaction for yield performance and grain iron (Fe) and zinc (Zn) concentration in Sudan. Field Crops Research 79: 1-10.

**Becker, H.C., and Léon, J. 1988.** Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding. 101: 1-23.

**Comstock, R. E. 1997.** Quantitative genetics and the design of breeding programs. pp. 705-718. In: Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics, Iowa State University, Ames, USA.

**Cooper, M., Rajatasereekul, S., Immark, S., Fukai, S., and Basnayake, J. 1999.** Rainfed lowland rice breeding strategies for Northeast Thailand: I. Genotypic variation and genotype-environment interactions for grain yield. Field Crops Research 64: 131-151.

**Costa, J. G. C., Rava, C. A., Zimmermann,F. J. P., and Melo, L. C. 2008.** Yield stability and adaptability of common bean line developed by Embrapa. Pesquisa Agropecuária Tropical 38 (2): 141-145.

**Ebdon, J. S., and Gauch, H. G. 2002.** Additive main effects and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials. Crop Science 42: 497-506.

**Farshadfar, E. 2008.** Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat.Pakistan Journal of Biological Sciences 11 (14): 1791-1796.

**Farshadfar, E., and Sutka, J. 2000**. Combining ability analysis of drought tolerance in wheat over different water regimes.ActaAgronomica Hungarica 48: 353-361.

**Flores, F., Moreno, M. T., and Cubero, J. I. 1998.** A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interactions. Field Crops Research 56: 271-286.

**Gauch, H. G. 2006.** Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science 46: 1488-1500.

**Haussmann, B. I. G., Rattunde, H. F. W., Weltzien-Rattunde, E., Traoré, P. S. C., vomBrocke, K., and Parzies, H. K. 2012.** Breeding strategies for adaptation of pearl millet and sorghum to climate variability and change in West Africa. Journal of Agronomy and Crop Science 198: 327-339.

**Kang, M. S. 1990.** Understanding and utilization of genotype- by- environment interaction in plant breeding. pp. 52-68. In: Kang, M. S. (ed.) Genotype- by- Environment, Interaction and Plant Breeding, Louisiana State University, Department of Agronomy, Baton Rouge, Louisian, USA.

**Kilic, H., Mevlut, A., and Husnu, A. 2010.** Assessment of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in multi-environments. Notulae Botanicae Hort Agrobotanici 38: 271-279.

**Kandus, M., Almorza, D., BoggioRonceros, R., and Salerno, J. C. 2010**. Statistical models for evaluating the genotype-environment interaction in maize. International Journal of Experimental Botany 79: 39-46.

**Khalifa, G. E., Eljack,A. E.,Mohammed,M. I.,Elamin, O. M., and Mohamed, E. S. 2013.** Yield stability in bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Sudan. Journal of Plant Breeding and Crop Science 5(10): 203-208.

**Kumar Bose, L., Namdeorao Jambhulkar, N., Pande, K., and Nath Singh, O. 2014.** Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. Chilean Journal of Agricultural Research 74 (1): 1-7.

**Liang, S., Ren, G., Liu, J., Zhao, X., Zhou, M., McNeil, D., and Ye, G. 2015.** Genotype- by- environment interaction is important for grain yield in irrigated Lowland rice. Field Crops Research 180: 90-99.

**Lin, C. S., Binns, M. R., and Lefkovitch, L. P. 1986.** Stability analysis: where do we stand? Crop Science 26: 894-900.

**Mut, Z., Gulumser, A., and Sirat, A. 2010.** Comparison of stability statistics for yield in barely (*Hordeum vulgare*L.). African Journal of Biotechnology 9: 1610-1618.

**Najafian, G., Kaffashi, A. K., and Jafar-Nezhad, A. 2010.** Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using

additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Science and Technology 12: 213-222.

**Naroui Rad, M. R., Abdul Kadir, M., Rafii, M. Y., Jaafar, H. Z. E., Naghavi, M. R., and Ahmadi, F. 2013.** Genotype × environment interaction by AMMI and GGE biplot analysis in three consecutive generations of wheat (*Triticum aestivum*L.) under normal and drought stress conditions. Australian Journal of Crop Science 7 (7): 956-961.

**Okechukwu, R. U., and Dixon, A. G. O. 2009.** Performance of improved cassava genotypes for early bulking, disease resistance, and culinary qualities in an inland valley ecosystem. Agronomy Journal 101: 1258-1265.

**Osiru, M. O., Olanya, O. M., Adipala, E., Kapinga, R., and Lemaga, B. 2009.** Yield stability analysis of *Ipomoea batatus*L. cultivars in diverse environments. Australian Journal of Crop Science 3: 213-220.

**Pham, H. N., and Kang, M. S. 1988.** Interrelationships among repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. Crop Science 28: 925-928.

**Pereira, H. S., Bueno, L. G., Peloso, M. J. D., Abreu, A. D. F. B., Moreira, J. A. A., Martins, M., Wendland, A., Faria, L. C. D., de Souza, T. L. P. O., and Melo, L. C. 2014.** Agronomic performance and stability of Andean common bean lines with white grains in Brazil.http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.020.

**Pereira, H. S., Melo, L. C., Del Peloso, J. M., Faria, L. C., and Ferreira, A. W. 2011.** Complex interaction between genotypes and growing seasons of Carioca common bean in Goias/ Distrito federal. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11: 207-215.

**Pfeiffer, W. H., Sayre, K. D., and Reynolds, M. P. 2000.** Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat.Durum Wheat Improv. Mediterr. Reg. New Chall. Options Méditerranéennes Ser. A. 40: 88-93.

**Purchase, J. L., Hatting, H., and van Deventer, C. S. 2000.** Genotype ×environment interaction of winter wheat in south Africa II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil 17: 101-107.

**Sabah, M. A., El-Hady, M. M., El-Taweel, A. M., and El-Harty, E. H. 2007.** Stability statistics of some faba bean genotypes. Annals of Agricultural Sciences 45: 525-544.

**Sabaghpour, S. H., Pezeshkpour, P., Sarparast, R., Saeed, A, Safikhani, M., Hashembeygi, A. A., and Karimi, I. 2010.** Study of grain yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in autumn plating in dryland conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26-1 (2): 173-191 (in Persian).

**Setimela, P., Chitalu, Z., Jonazi, J., Mambo, A., Hodson, D., and Bänziger, M. 2005.** Environmental classification of maize-testing sites in the SADC region and its implication for collaborative maize breeding strategies in the subcontinent. Euphytica 145: 123-132.

**Shobeiri, S. S., Mostafaei, H., Shahab, M. R., and Kamel, M. 2015.** Adaptation and seed yield stability of advanced lentil lines under cold dryland conditions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 31-1 (3): 491-508.

**Ssemakula, G., and Dixon, A. 2007.** Genotype × environment interaction, stability and agronomic performance of carotenoid-rich cassava clones. Scientific Research and Essays 2: 390-399.

**Suja, G., John, K.S., Sreekumar, J., and Srinivas, T. 2009.** Short-duration genotypes for crop diversification in the humid tropics: growth dynamics, biomass, yield and quality. Journal of the Science of Food and Agriculture 90: 188-198.

**Tamesgen, T., Keneni, G., Sefera, T., and Jarso, M. 2015.** Yield stability and relationship among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal 3: 258-268.

**Tumuhimbise, R., Melis, R., Shanahan, P., and Kawuki, R. 2014.** Genotype × environment interaction effects on early fresh storage root yield and related traits in Cassava. The Crop Journal 2: 329-337.

**Windhausen, V. S., Wagener, S., Magorokosho, C., Makumbi, D., Vivek, B., Piepho, H. P., Melchinger, A. E., and Atlin, G. N. 2012.** Strategies to subdivide a target population of environments: results from the CIMMYT-Led maize hybrid testing programs in Africa. Crop Science 52: 2143-2152.

**Yaghotipoor, A., Farshadfar, E., and Gheytoli, M. 2009.** Study of yield stability in pea using AMMI model in Kermanshah. Plant Production 32 (1): 25-37 (in Persian).

**Zali, H., Farshadfar, E., and Sabaghpour, S. H. 2011.** Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. Crop Breeding Journal 1: 89-100 (in Persian).

**Zali, H., Sabaghpour, S. H., Farshadfar, E., Pezeshkpour, P., Safikhani, M., Sarparast, R., and Hashembeygi, A. A. 2009.** Stability analysis of pea genotypes using ASV parameter and comparison with other method of stability analysis. Iranian Journal of Field Crop Science 40 (2): 21-29 (in Persian).

**Zubair, M., and Ghafoor, A. 2001.** Genotype environment interaction in mungbean. Pakistan Journal of Botany 33: 187-190.